

# Samarbejde mellem leverandør og bruger ved indførelse af datamaskiner i processtyringen

*Af afdelingschef, civilingeniør H. Isaksson,  
A/S Regnecentralen*

*Særtryk af »Forskning« nr. 7 - 1968*

---

# Samarbejde mellem leverandør og bruger ved indførelse af datamaskiner i processtyringen

681.3:518.5

Af afdelingschef, civilingeniør H. Isaksson, A/S Regnecentralen.

Datamatisk styring af processer er et ret nyt og hurtigt voksende anvendelsesområde for datamaskinerne. I Danmark findes der for øjeblikket kun nogle få installationer af denne art. En ny brugerkreds skal således i gang med at formulere sine problemer indenfor de rammer, som databehandlingsteknikken kan tilbyde. Den nye bruger må lære sig, hvad en datamaskine er for noget, og dernæst gøre sig klart hvilke fordele og ulemper der følger med de forskellige mulige anvendelsesmetoder.

Den direkte sammenkobling af procesanlæg og datamaskine udgør også en ny problemstilling. En nøje planlagt tilpasning af begge parter vil være en forudsætning for et vellykket resultat. Samarbejdet mellem datamaskineleverandør på den ene side og procesudstyrets bruger og leverandør på den anden side er følgelig af afgørende betydning. Det var derfor rimeligt at fremdrage nogle af de punkter, som samarbejdet vil centrere sig om.

I det følgende gøres et forsøg på at belyse dette samarbejde i de faser, som et projekt normalt vil gennemløbe. Betragtningerne er baseret på erfaringer indvundet af Regnecentralen i rollen som producent og leverandør af både datamaskiner og programmeringssystemer.

## 1. Problemformulering og systemoplæg.

### 1.0. Problemformulering.

Formålet med at anvende datamaskiner til styring af processer er at opnå en mere pålidelig, økonomisk og fleksibel drift. Det er karakteristisk for de traditionelle styringssystemer, at der ikke findes mulighed for en automatisk styring af store anlæg som en helhed betragtet. Her sker ingen virkelig koordinering mellem de mange procesdele. Årsagen er, at der hidtil ikke har eksisteret tilfredsstillende tekniske muligheder for at studere, endsige styre komplicerede systemers dynamiske forløb. Datamaskinerne åbner imidlertid for en lang række muligheder i denne henseende.

Viden om processen, der skal styres, findes hos brugeren og leverandøren af procesanlægget. Datamaskineleverandøren vil næppe være i stand til at lære procesingeniøren ret meget om, hvordan han skal styre sin proces.

Brugeren vil rimeligvis forvente, at datamaskineleverandøren kan referere helst egne, alternativt andres erfaringer ved løsningen af lignende opgaver. Det er dog klart,

at såvel principielle som mere praktiske forskelle på procesanlæg selv indenfor samme industrigren, vanskeliggør en direkte overføring af erfaringer fra den ene bruger til den anden.

Der er imidlertid en anden, og mindst lige så væsentlig årsag til, at brugeren indtager en hovedrolle ved fastlæggelse af styringsstrategien, nemlig den, at styringen af produktionsprocessen er virksomhedens livsnerve. Det er ikke tænkeligt, at nogen bruger og ejer af et procesanlæg vil overlade til udenforstående at beslutte, hvorledes processen skal styres.

Procesingeniøren vil altså være ansvarlig for problemformuleringen ved fastlæggelse af processens styringsstrategi, også når der indgår en datamaskine i systemet. Han må naturligvis kende datamaskinens principielle virkemåde og muligheder. Under denne forudsætning kan datamaskinen betragtes som en black-box, der indgår i projekteringen på lige linje med alle de øvrige maskiner og apparater i systemet.

Til illustration af frihedsgraden ved problemformuleringen omtales her nogle principielt forskellige metoder til datamatisk styring.

I fig. 1 ses et eksempel på et system med indirekte styring (off-line) datamaskine, som modtager oplysninger om processens drift fra en simpel datalogger, der registrerer på magnetbånd. Databehandlingen foretages på et GIER-anlæg, som efter omskiftning af en kontakt har adgang til de registrerede data. Grundlaget for systemoplægget var en serie af datalogging moduler RC1000, hvis principielle opbygningsmuligheder er vist på fig. 2.



Henning Isaksson, afdelingschef, civilingeniør E 1957, Teleteknisk Forskningslaboratorium 1957-1959, A/S Regnecentralen fra 1959.

## THE RC 1000 SYSTEM AT HALDEN

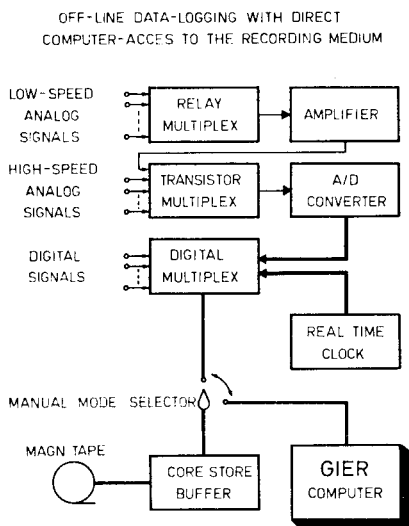


Fig. 1. Indirekte styret datamaskine modtager måleværdier fra processen via en datalogger.

## RC 1000 SYSTEM OUTLINE

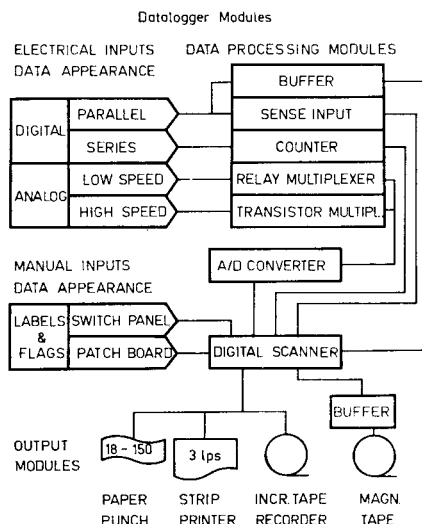


Fig. 2. Oversigt over et datalogger modulsystem.

## THE RC 4000 SYSTEM AT PULAWY

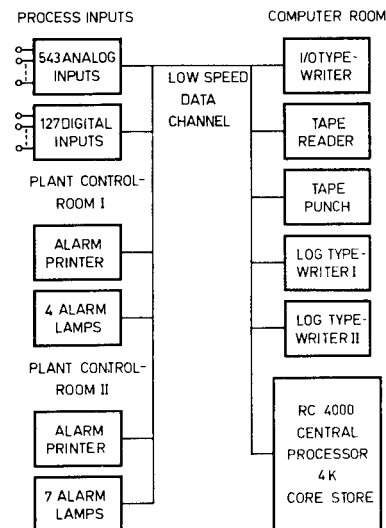


Fig. 3. Direkte styret datamaskine overvåger en proces i et åben-sløjfesystem. Fuldt korrigerede resultater udskrives til operatøren i overskuelig form.

Løsning af processtyring på denne måde kan naturligvis kun komme på tale, når de forhold i processen, som skal påvirkes, varierer meget langsomt. I nogle tilfælde kan det dreje sig om at ændre parametre i processen, som normalt holdes konstante. Alligevel må man kalde det processtyring, selv om sløjfen i reguleringssystemet her er meget langsomt virkende og indirekte.

Den direkte styrede (on-line) datamaskine i et åbent sløjfe system har vi et eksempel på i fig. 3. Processen, der skal overvåges, er en kvælstofgødningsfabrik i Pulawy i Polen. Den benyttede datamaskine er Regnecentralens nyudviklede RC 4000. Via 670 indgangssignaler modtager datamaskinen måleværdier for tryk, temperatur, strømningshastigheder, effektforbrug o. s. v.

Procesovervågningen foregår på følgende måde:

Hvert sekund tælles impulser fra kilowatt-time målere og sækketællere, hvert 5. minut måles strømningshastigheder til beregning af gennemstrømmet mængde, hver time registreres samtlige måleværdier i en log-tabel, og hver 8. time foretages omfattende balanceberegninger og udskrivning til løbende kontrol af anlæggets økonomi. Alle udskrifter sker i fuldt korrigerede, naturlige måleenheder. Udover disse regelmæssige rapportskrivinger udføres hvert 5. minut en alarmovervågning af ca. halvdelen af indgangssignalerne. Dersom en øvre eller nedre grænse er overskredet, trykkes en alarmmelding til operatøren. Denne pålidelige og lettilgængelige rapportering giver et hurtigt og fuldstændigt overblik over, hvorledes anlægget kører.

Det tredje eksempel (fig. 4) er et fuldt udbygget direkte styret (on-line) RC4000-system med lukket sløjfe-styring af ønskeværdier i processens kritiske reguleringssystemer. Parallelt med proces-ind- og udgangene og de til procesoperatøren hørende enheder, ligger en række af ydre enheder til afvikling af traditionelle databehandlings-

opgaver. RC 4000-Centralenheden er udstyret med 16 K ferritlagerord og et baggrundslager bestående af en tromle med 128 K ord (1 K = 1024). Systemet, som skal installeres i en kunstgødningsfabrik i Wloclawek i Polen, vil kunne afvikle kørselen af almindelige databehandlingsopgaver samtidigt med, at der udføres procesovervågning og optimeringsberegninger.

### 1.1. Oplæg for programmet.

Datamaskineleverandøren vil ud fra procesingeniørens problemformulering kunne gøre op, hvilke krav der hermed stilles til en specifik datamaskinetype og de dertil knyttede programsystemer. Det vanskeligste af disse punkter er så afgjort at vurdere kravene til programsystemerne.

Leverandøren kan umiddelbart tilbyde et sæt af standardprogrammer, som altid er belastet med en række medfødte begrænsninger. Når man i planlægningsarbejdet støder på disse, må man vurdere omfanget og kompleksiteten af det manglende programmeringsarbejde. Ved denne planlægning indtager datamaskineleverandøren en central plads. Han sidder inde med erfaring i programmering, og med viden om, hvorledes store datamatiske systemer opbygges og anvendes. Brugeren vil derimod ofte savne specialviden i det fornødne omfang. Leverandøren må folgelig give brugeren sikkerhed for, at han både kan og vil påtage sig det specialprogrammeringsarbejde som måtte følge med leveringen af anlægget.

Med hensyn til standardprogrammerne er det leverandørens opgave at informere brugeren om alle de muligheder, der er indbygget i programmerne. Hvis der er tale om brugere med ingen eller lille erfaring, er det en væsentlig opgave at overføre denne viden på en effektiv måde. Leverandøren må kunne påtage sig at afholde kurser, hvor standardprogrammerne beskrives. Velegnede lærebøger og kursusmateriale må forefindes. Kunden har her en mulig-

hed for at tilegne sig en vis specialviden, men han må gøre sig klart, at værdien af denne er tæt knyttet til den pågældende leverandørs udstyr. Som en undtagelse skal dog nævnes kursus i højere programmeringssprog som f. eks. Algol og Fortran.

Det må fremhæves i denne forbindelse, at også den kvalificerede bruger vil have svært ved at vurdere, hvor gode de tilbudte standardprogrammer er. Tilsyneladende velegnede programsystemer kan i praksis vise sig at være behæftede med både et stort antal egentlige programmeringsfejl, og endnu alvorligere, med sindrige strukturelle begrænsninger som ikke kan afhjælpes. Det er desværre næsten lige så krævende en opgave at foretage en systematisk afprøvning af et stort programkompleks, som at udvikle det. Man kan håbe, at udviklingen vil gå i den retning, hvor både programmerne og de dertil hørende afprøvningsfaciliteter vil blive specificerede og leveret som sammenhørende dele.

Sagt med andre ord er det nødvendigt, at brugeren gør sig klart, at han ikke på forhånd kan skaffe sig fuld viden om kvaliteten af det han betaler for, og som han planlægger at basere sin processtyring på. Tilliden til leverandøren er her af største betydning.

## 1.2. Oplæg for maskinel.

Procesingeniørens oplæg til datamaskinesystemets opbygning gør det muligt for leverandøren at dimensionere systemet i store træk. Der foreligger allerede i programmeringsoplægget et overslag over størrelsen og arten af lagre til data og programmer.

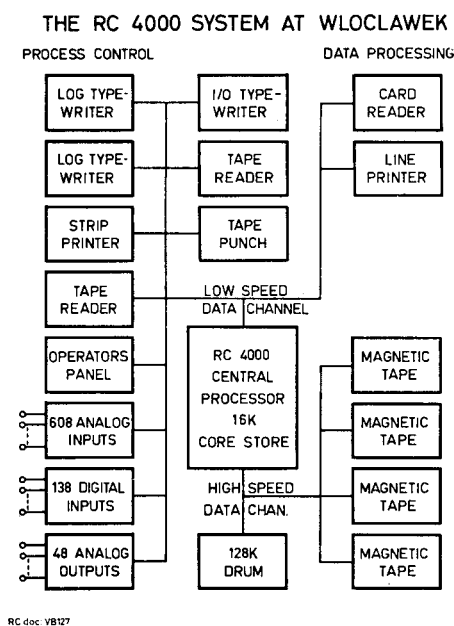
De største vanskeligheder ligger i den specifikke udformning af procesinput-output enhederne, som udgør bindeledet mellem datamaskine og proces. Datamaskineleverandøren må være fortrolig med følgende områder:

analog/ciffer-ciffer/analog omsættere, forstærkere til små signaler, multiplexere, signaltilpasning som f. eks. målebroer til modstandstermometre, udformning af kabelnet og støjbeskyttelsesmetoder. Leverandøren må formulere sine krav til, og evt. være parat til at påtage sig ansvaret for udformningen af signalkabelnettet og på enkelte punkter også følerne. F. eks. kan det være nødvendigt at kræve, at føleren ikke er elektrisk forbundet til jord, for at man kan opnå den ønskede målenøjagtighed. Det forventes, at datamaskineleverandøren vil kunne påtage sig at levere signaltilpasningsudstyr som f. eks. referenceboks til termoelementers kolde loddested, eller niveauomsættere for signaler fra instrumenter, dersom kunden ønsker det. Hvis brugeren ikke er i stand til at købe instrumenter hos sine leverandører, som opfylder datamaskineleverandørens behov, må denne i givet fald påtage sig at ombygge instrumenterne, således at en sammenkobling kan udføres på en økonomisk måde. Datamaskineleverandøren må altså have en stab af velkvalificerede ingeniører, som kan samarbejde tæt med kunden på dette punkt.

Procesingeniøren, d. v. s. brugeren, må på sin side specificere kravene, der skal stilles til målenøjagtighed og måle-hastighed. Han må ligeledes beskrive de omgivelser, hvori udstyret skal kunne fungere. Støj- og klimaforhold er som regel faste egenskaber ved processen.

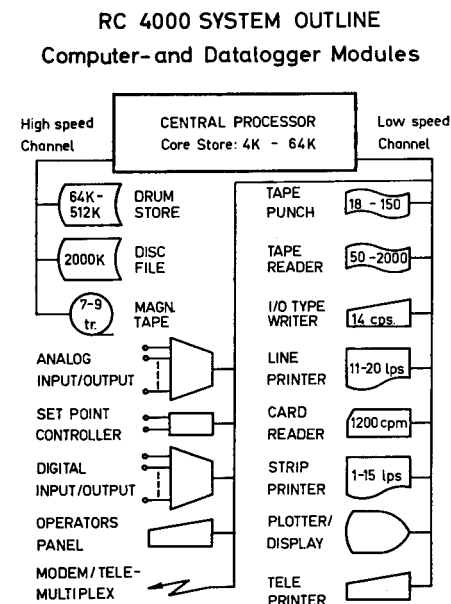
Efter en gennemarbejdning af alle disse punkter vil det være muligt at indgå kontrakt om levering af systemet og tilhørende programmer.

Som et eksempel på den række af enheder, som leverandøren kan tilbyde, viser fig. 5 en oversigt over RC 4000 Systemet. Enhederne grupperer sig naturligt i følgende kategorier: Enheder for operatørkommunikation (skrivemaskine, strimmeltrykker, kurvetegner, dataskærm og operatørpanel), enheder for ind- og udlæsning af store data-



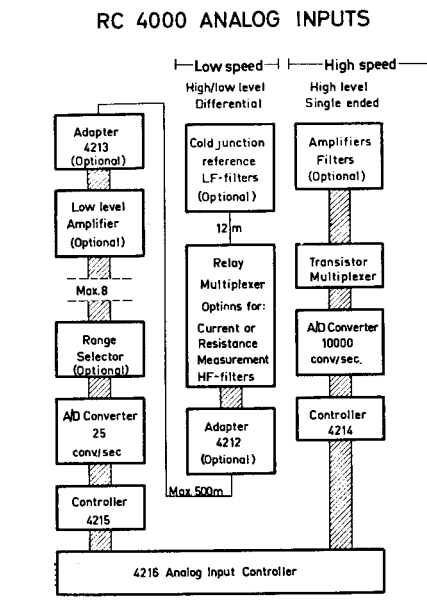
RC doc. VB127

Fig. 4. Direkte styret datamaskine overvåger en proces og udfører optimaliseringsberegninger og overordnet styring af ønskeværdier. Simultant hermed udføres alm. databehandling i et samkørselssystem.



RC doc. VB123

Fig. 5. Oversigt over et datamaskinsystem.



RC doc. VB142

Fig. 6. Oversigt over udbygningsmuligheder i forbindelse med indgange til opsamling af analoge måleværdier.

mængder (strimmellæser og -perforator, hurtig lineskriver og hulkortlæser), baggrundslagere (tromle, pladelager og magnetbånd), procesinput-output enheder (analoge og digitale ind- og udgange), samt datatransmissionsudstyr (fjernskrivers, modem og telemultipleks).

En nærmere oversigt over mulighederne i forbindelse med analoge indgange kan f. eks. være givet som på fig. 6. Der forekommer her to typer af indgange svarende til to hastigheder og følsomheder. Det fremgår, at der kan måles spænding, strøm eller modstand. Endvidere kan der indskydes filtre, referencepunkter for kolde loddesteder og forforstærkere for de forskellige måleområder.

## 2. Opbygning og programmering.

Den praktiske ledelse af projektets afvikling udføres bedst af en arbejdsgruppe med kompetente repræsentanter for de implicerede parter. Rammerne for gruppens arbejde må være givet i form af kontraktligt fastlagte ydelser og terminer.

Under opbygningen af datamaskinen må kunden have adgang til at følge anlæggets konstruktion og specielt afprøvning. Leverandøren vil rimeligvis gennemføre en afleveringsprøve på fabrikken inden afskibningen. Denne prøve må være udformet af leverandør og kunde i fællesskab og må have en passende realistisk form.

Hvis der indgår specialprogrammering i projektet, vil brugeren have interesse i at tage aktivt del i dette arbejde. Leverandøren må være rede til at påtage sig ledelsen af dette arbejde. I perioden indtil maskinen er leveret, vil brugeren med fordel udstationere en gruppe hos leverandøren, som kan stille lærere og maskiner til rådighed. Den erfaring, som brugerens programmører herved indhøster, vil komme ham til gode, når der senere hen ønskes foretaget ændringer i og udbygning af det kørende system.

Styringen af programafviklingen og prioritering og afvikling af trafikken til de ydre enheder er en vanskelig opgave. Leverandøren må derfor udvikle styreprogrammet, der kan koordinere de enkelte procesprogrammer, og kan tage sig af alle ind- og udlæsninger, medmindre der findes et brugbart standardprogram.

En illustration af hvorledes et specialprogram kan udformes, har vi i multiprogrammeringssystemet i Pulawy vist på fig. 7. Som tidligere beskrevet afvikles en række uafhængige opgaver, som i adskillige tilfælde benytter de samme ydre enheder: A/D omsætteren bruges i alle programmer undtagen ved operatør kommunikation og impulstælling; logskrivemaskinerne deles mellem balanceberegning og datalogging, o. s. v. Oplægget kræver, at samtlige opgaver skal kunne startes og tildeles periodetider uafhængigt af hinanden. Operatøren kan valgfrit fastlægge starttider og gentagelsesfrekvens for de enkelte opgaver. Operatøren skal iøvrigt kunne kommunikere med systemet, f. eks. ved at ændre alarmgrænser, på ethvert tidspunkt.

Med disse forudsætninger var det klart, at et egentlig multiprogrammeringssystem var en nødvendighed. Desuden skulle systemets lagerkrav holdes på et minimum, d. v. s. hele programsystemet skulle holdes indenfor 4 K ord. Resultatet var, at der blev udviklet et specielt monitorprogram, som fyldte 410 ord i lageret.

Heroverfor står Wloclawek-systemet, som omfatter samtidig afvikling af procesprogrammer og almindelige databehandlingsopgaver. Der er her tale om et så meget større system, at et generelt og omfattende monitorprogram må tages i anvendelse. Datamaskinesystemet har også en sådan størrelse, at denne generelle og mere krævende løsning kan realiseres.

Foruden sin del af systemoplægget må brugerens instrumenteringsingeniør specificere omregningsformler for de følere, som giver signaler til datamaskinen. Leverandøren vil evt. kunne bidrage med matematisk viden, hvis det er nødvendigt på dette punkt. Endvidere må brugeren være med til i detaljer at specificere systemets opgaver.

I programsystemet til Pulawy indgår til eksempel 16 forskellige udtryk ved beregning af ingeniørværdier ud fra de målte størrelser. I balanceberegningerne er anvendt omkring 60 forskellige udtryk.

Dernæst er det en vigtig opgave at fastlægge operatørkommunikationen. I Pulawy-systemet er der følgende muligheder: Operatøren kan på ethvert tidspunkt give en ordre til systemet via operatørskrivemaskinen. Han kan vælge starttid og periode for de enkelte opgaver. Han kan udelukke enkelte analoge- og digitale indgange fra alarmscanning og datalogning. Han kan ændre skalafaktorer og alarmgrænser for analoge indgange. Derudover kan han vælge alternative udskrivningsenheder for udskrivning af balance og lograpporter. Desuden skal systemet kunne startes og stoppes på bekvem måde. I enkelte balanceberegninger, som udføres hver 8. time, indgår resultater af målinger i fabrikkens laboratorium. Disse værdier skal kunne indtastes af operatøren. Endelig er det muligt for operatøren at udvælge et enkelt målepunkt og få det udskrevet med den ønskede hyppighed på alarmprinter (trend-logging). Der er desuden visse muligheder for at gribe ind via operatørpanelet, f. eks. i primitive fejlsituationer, som hvis perforatoren løber tom for papirstrimmel.

Valget af ydre enheder, som operatøren anvender ved kommunikation med systemet, har stor betydning ved den praktiske anvendelse. I Pulawy-systemet foregår al den ovennævnte kommunikation via skrivemaskinen i data-

THE MULTIPROGRAMMING SYSTEM AT PULAWY		
PROGRAM	NORMAL PERIOD	COMPLETION TIME
Operator Control	—	—
Pulse Integration	1 second	2 milliseconds
Flow Integration	5 minutes	10 seconds
Balance Evaluation	8 hours	2.5 minutes
Data Logging I	1 hour	2 —
— II	1 —	1.5 —
Alarm Scanning	5 minutes	15 seconds
Trend Logging	—	1 —
Self Checking	—	—
670 Process Variables		
16 Expressions for Analog Conversion		
135 Material Balance Calculations		

HC doc VB 141

Fig. 7. Oversigt over programmerne i et samkørselssystem for procesovervågning.

maskinerummet. Logskrivemaskinerne er ligeledes anbragt ved datamaskinen. Som det fremgår af fig. 3, er der anbragt alarmlamper i hovedkontrolrummenes instrumenttavler. Ved alarm i en produktionslinje tændes den tilsvarende lampe, samtidig med at der trykkes en alarmmelding på strimmeltrykkeren. Hovedvægten er her lagt på at give procesoperatøren en hurtig og forståelig fejlmelding.

En væsentlig opgave for leverandøren vil være, at tilrettelægge indkøring og afprøvning af systemet. Driftsikre programmer vil kunne frembringes under forudsætning af, at indkøringen sker ved anvendelsen af systematiske metoder.

Dette involverer, at samtlige instruktioner afprøves og samtlige betingede hop udføres med både den ene og den anden betingelse opfyldt. Desuden vil en afprøvning omfatte opslag for samtlige mulige indgange i de anvendte tabeller. Til eksempel kan nævnes, at afprøvningen af en Cobolcompiler på 40.000 instruktioner blev gennemført på omkring 600 timers maskinkøretid, medens Pulawyprogramsystemet, der omfatter ca. 4000 ordrer, blev afprøvet på omkring 50 timer.

### 3. Installation.

Installationen deles naturligt i installation af datamaskinen med tilhørende enheder og tilslutning til processen. Forud for selve installationen ligger en detaljeret planlægning af lokaler og tilhørende faciliteter. Installation af datamaskine med tilhørende enheder foretages af leverandørens teknikere. Herefter gentages afleveringsprøven med simulerede processignaler, og derefter påbegyndes tilslutning af selve processens signalkabler. Dette arbejde må udføres i samarbejde mellem leverandør og bruger. Leverandøren må være rede til at stille teknikere til rådighed også for det manuelle arbejde, dersom brugeren ikke har kvalificeret personale til disposition.

Det kan forventes, at der under dette arbejde dukker en række uforudsete vanskeligheder op. Specielt risikabelt er det, når f. eks. instrumenter og datamaskine leveres samtidigt. Uoverensstemmelser mellem planer og virkelighed vil da optræde hyppigere, end hvis datamaskinen blot skal tilsluttes et kørende anlæg. Brugeren vil her komme til at indtage en central placering, hvis ikke han foretrækker at formidle direkte kontakt mellem instrumentleverandør og datamaskineleverandør allerede i planlægningsfasen.

Datamaskineleverandøren må i skriftlig form formulere alle sine krav til det udstyr, der skal tilsluttes direkte. Endvidere må han så vidt muligt have adgang til tekniske beskrivelser af det tilsluttede udstyr på et tidligt tidspunkt. En direkte kontakt med leverandøren af dette andet udstyr er meget ønskelig. Der kan så let opstå vanskeligheder, når der skal etableres direkte forbindelse mellem udstyr, som aldrig før har været koblet sammen, og som primært er dimensioneret til at opfylde væsensforskellige krav.

### 4. Vedligeholdelse.

#### 4.1. Programmel.

Det er bekendt, at materiel skal vedligeholdes. Komponenter slides og bryder sammen. Et datamaskineprogram er en logisk konstruktion, som ikke slides, og hvorom man

umiddelbart ville forvente, at der ikke eksisterede noget vedligeholdelsesproblem. Det er desværre langtfra tilfældet. Et store programkompleks som f. eks. en Cobol oversætter, der omfatter 40.000 instruktioner, er en så kompleks konstruktion, at det er umuligt at sikre sig imod logiske fejl, selv ikke ved anvendelse af systematiske afprøvningsmetoder under udviklingen af programmerne.

Foruden en effektiv afprøvning af programmerne, er det i større systemer meget væsentligt, at der er indbygget faciliteter til hjælp ved fejlfindingen, som kan levere test-output, når det ønskes.

På denne baggrund er det rimeligt, at brugeren forsøger at etablere en aftale med leverandøren om vedligeholdelse af programmeringssystemerne. Der er i dag *tradition* for, at brugere af en datamaskinemodel gratis får adgang til nye programmer, som leverandøren udvikler til den pågældende type datamaskine. Det er iøvrigt en forbavsende ting, når man tager de store omkostninger i betragtning som er forbundet med udviklingen af programmerne. Der er derimod ikke nogen *tradition* for, hvordan og hvor hurtigt leverandøren retter fejl i programmeringssystemerne. I traditionelle databehandlingsopgaver er det måske ikke så afgørende, om det tager 1 dag eller 1 uge at få rettet en fejl. Ved procesreguleringsopgaver med tidstro kørsel (realtime), er det derimod afgørende, at fejlene rettes indenfor de tidsrammer, som driften er dimensioneret efter. Der kan f. eks. være tale om at skulle opretholde en manuel nødprocedure i en begrænset periode. I denne situation vil det være rimeligt, om brugeren har en fast aftale at støtte sig til, når han skal rekvirere hjælp fra leverandøren.

Til illustration af programfejlenes forekomst kan det nævnes, at der efter idriftsætningen af en Cobol-oversætter, som omfattede ca. 40.000 instruktioner, forekom ca. 5 fejl om året i de første par år. Derefter faldt fejlfrekvensen mærkbart. Det er bemærkelsesværdigt, at fejlfrekvensen i store programmer er af samme størrelsesorden eller snarere større end den forventede fejlfrekvens på det elektroniske udstyr, i programmets første leveår.

Programdokumentationen må naturligvis være dækkende og hensigtsmæssigt udformet, ligesåvel som testdata til afprøvning af programmerne, såvel før som efter rettelserne er udført, må foreligge på veldokumenteret måde.

#### 4.2. Vedligeholdelse af maskinel.

Den tekniske vedligeholdelse af datamaskinerne og det dertil knyttede udstyr byder på en række mere håndgribelige vanskeligheder.

De vigtigste parametre er datamaskinens fejlfrekvens og reparationsvenlighed. For veletablerede maskintyper kan man forvente oplyst fra leverandøren en statistik for kørende anlæg. Nyere maskiner er det vanskeligt at få garantier for, medmindre der er tale om militære anlæg. Garanterede grænser for middeltid mellem fejl vil leverandøren næppe være parat til at specificere.

Med hensyn til reparationsvenligheden er brugeren bedre stillet, idet han kan opstille visse minimumskrav. Det må rimeligvis forlanges af leverandøren, at han er i stand til at tilbyde et sæt reservedele og værktøj, som muliggør hurtig reparation på stedet for de sandsynlige fejltyper.



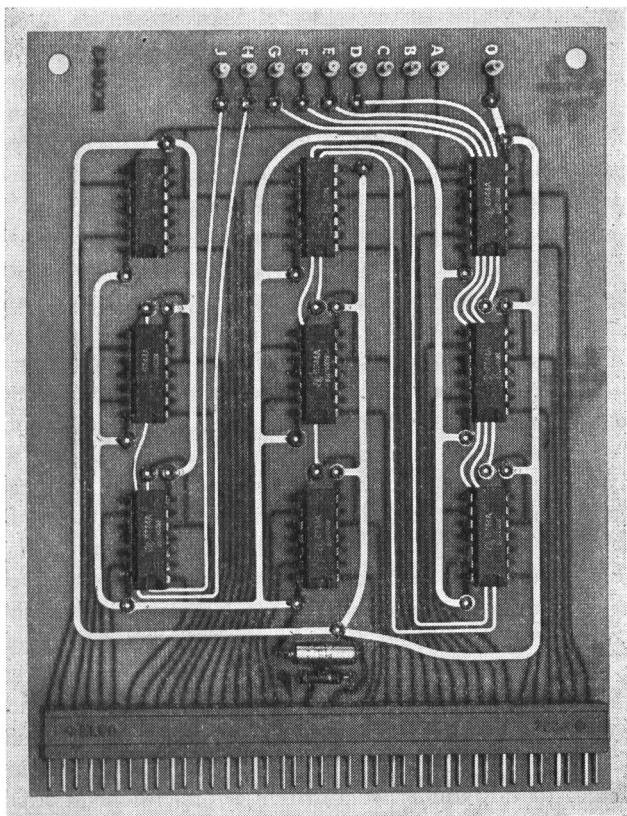


Fig. 8. Kredsløbskort med integrerede kredse.

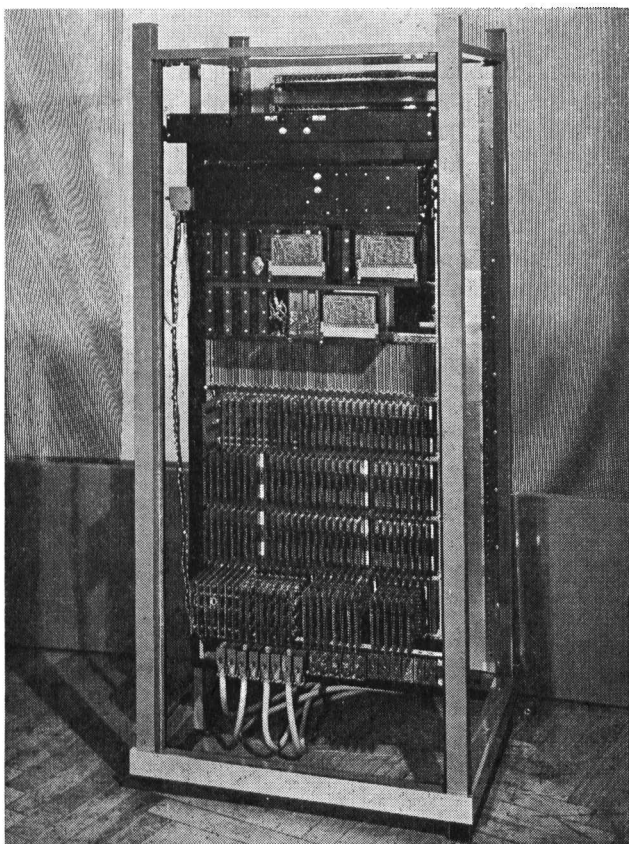


Fig. 9. Kabiner til tilslutning af digitale signaler fra processen til datamaskinen. Kabeltilslutning sker via stikkene forinden i stellet.

Man må forvente, at maskinen er opbygget af et antal indstikbare moduler, og at prisen for et komplet sæt af disse ikke overstiger ca. 10 procent af anlæggets pris.

Som et eksempel vises RC 4000's praktiske opbygning på figurene 8 og 9. Her ses henholdsvis et kredsløbskort med integrerede kredse og en ramme med rækker af kort. Der er anbragt målepunkter på samtlige kort for at lette fejlfindingen. I centralenheden er anvendt ca. 500 kort fordelt på ca. 60 typer. Der er udelukkende anvendt siliciumkomponenter i kredsløbene, som har et tilladt temperaturinterval fra 0 til 60 grader C. For et RC 4000 system er det tilladte interval dog kun fra 0 til 45 grader C, idet ferritlageret sætter grænsen.

For større enheder som f. eks. småsignalforstærkere og skrivemaskiner, må man enten anskaffe hele reserveenheder, eller opbygge systemet på en sådan måde, at man kan klare sig igennem i en kortere periode uden den pågældende enhed, idet en planlagt og tilfredsstillende nødprocedure træder i kraft, indtil enheden er repareret.

I Pulawy-systemet findes der f. eks. ikke nogen reserve-skrivemaskine hos brugeren. Ved break-down udnyttes det forhold, at de 3 skrivemaskiner er ens, idet man bytter om på dem, således at det altid er en logskrivemaskine, der mangler. Operatøren kan da omdirigere udskriften af de tilsvarende data på papirbåndsp perforatoren. Når skrivemaskinen på et tidspunkt er repareret, læses strimlen på RC 4000's strimmellæser, og der skrives ud på skrivemaskinen, parallelt med at hele systemet fortsat fungerer normalt. På tilsvarende vis er der planlagt nødprocedurer i tilfælde af fejl på de øvrige mekaniske enheder.

De fleste elektroniske fejltypen vil få systemet til at bryde helt sammen. I denne situation vil enten de indbyggede fejldetekterende programmer og indikatorer eller operatøren opdage, at der er fejl. Fabrikens drift berøres dog ikke direkte af dette, idet den er forsynet med konventionelle instrumenter til alle de vitale målepunkter.

Når datamaskinen indgår i et lukket sløjfesystem, som f. eks. i RC 4000 anlægget i Wloclawek, må der være indbygget sikkerhedsanordninger, som forhindrer datamaskinen i at foranstalte ulykker, når noget går galt. I forbindelse med set punkt-stationer kan man, som det vises på fig. 10, have grænseværdiafbrydere, som blokerer og giver alarm, dersom datamaskinen forsøger at regulere ud over det område, som den har fået lov til at operere indenfor. Når datamaskinen er koblet fra, må operatøren kunne regulere processen manuelt. Med den viste setpunktstation, der jo er en mekanisk enhed, vil man bevare værdien af styresignaler i tilfælde af strømsvigt.

Fejlsituationer kan også opstå på grund af fejl i følere eller kabler. I sådanne tilfælde må programmeringssystemet give operatøren mulighed for at gribe ind og koble det pågældende målepunkt ud, således at der ikke til stadihed forekommer alarmmeldinger fra fejlbehæftede kanaler.

Ved fejlfinding på datamaskineanlæg anvendes to principielt forskellige metoder: kørsel af testprogrammer, hvor maskinen selv forsøger at detektere og lokalisere fejlen, samt måling og udskiftning foretaget af en tekniker. Leve-randøren leverer sammen med maskinen et antal diagnostiske programmer. Effektiviteten af disse vil brugeren imid-

lertid have vanskeligt ved at vurdere. Han har her de samme vanskeligheder som ved vurderingen af de øvrige programmer.

Fejlfinding ved måling med oscilloskop kan kun udføres af en kvalificeret tekniker. Brugeren kan betjene sig af leverandørens serviceorganisation, og således slippe for selv at organisere en teknikergruppe. Når der er tale om processtyringsanlæg, vil man af driftsmæssige hensyn ofte være nødt til at stille ret store krav om hurtig reparation og idrætsætning efter fejl. Kundens geografiske placering i forhold til leverandørens serviceafdeling spiller her en vis rolle. Ved avancerede systemer må man imidlertid forudse, at der skal være en tekniker på stedet, enten fast udstationeret af leverandøren, eller af kundens eget personale. Da det er praktisk overkommeligt for brugeren at lade sine egne teknikere uddanne således, at de kan klare de fleste forekommende fejl, vil udviklingen klart gå i retning af, at brugeren vil tilegne sig den viden, som er nødvendig for, at han kan få det fulde udbytte af sine redskaber.

Til eksempel kan det nævnes, at et kursus i vedligeholdelse af et stort Gier-anlæg (incl. magnetbånd, linieskriver og converter) normalt afvikles på 6 måneder. De krævede forudsætninger svarer til teknikumingeniøruddannelsen med tillæg af elementær ciffer- og impulsteknik. For RC 4000 venter vi at kunne forkorte uddannelsesperioden til 4-5 måneder for et tilsvarende anlæg, fordi RC 4000 er enklere og renere i sin opbygning. Den er desuden mere reparationsvenlig, idet vedligeholdelsen vil være baseret på et komplet sæt af reserveindstikmoduler. Der er desuden indbygget flere automatiske fejlindikatorer, samtidig med at testprogrammerne er mere effektive.

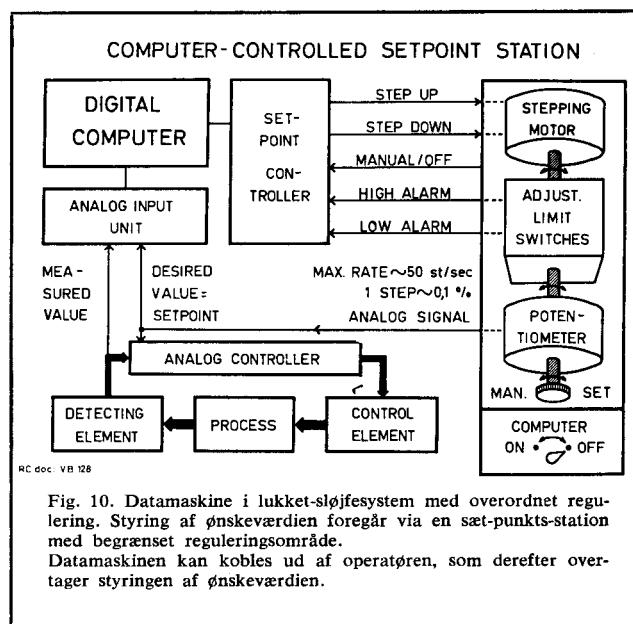
Leverandøren af datamaskinen må altså være i stand til at uddanne brugerens teknikere således, at de er i stand til at betjene og passe udstyret i den udstrækning, det ønskes af brugeren. Vilkårene for uddannelsen må fremgå af kontrakten, f. eks. de krævede forudsætninger for deltagere, kursets varighed og evt. pris.

Den tekniske dokumentation, som leveres sammen med maskinen, spiller en væsentlig rolle både under uddannelsen og senere ved fejlfindingen. Brugeren må derfor have stor interesse i nøje at sætte sig ind i, og om muligt specificere omfang og indhold af tekniske manualer, samt sikre sig at de er til rådighed på det rette tidspunkt.

## 5. Videre udvikling.

Det er karakteristisk for datamatiske styringssystemer, at de fleste anvendelser indenfor en overskuelig årrække vil have et eksperimentelt præg. Det vil ikke være muligt på forhånd at vurdere alle de muligheder, denne nye teknik indebærer. Det må forventes, at installationer efter at have været i drift i forholdsvis kort tid, vil blive underkastet gennemgribende ændringer. Brugeren må derfor sikre sig, at leverandøren er i stand til at udbygge anlægget på en hensigtsmæssig måde.

Systemerne bør være opbygget modular, både hvad angår maskiner og programmer. Leverandør og bruger må være rede til at investere i systemer med indbyggede udviklingsmuligheder. Leverandøren må tilsige brugeren sin medvirken ved krævende videreudviklinger. Så vidt mu-



ligt aftales fremgangsmåder ved udvidelser i forbindelse med den første installation.

Udover de udvidelser, der ligger indenfor leverandørens standardproduktlinier, må brugeren forventes at have specielle ønsker. Det er meget tænkeligt, at disse først opstår efter nogen tids erfaringer med anlægget i drift. Leverandøren må da være rede til at udvikle det, der måtte mangle mod behøring betaling. Et nært samarbejde mellem leverandørens og brugerens teknikere må da etableres med det formål at definere udstyret i alle detaljer.

## 6. Afslutning.

Ovenstående betragtninger er baseret på en begrænset praktisk erfaring indenfor området datamatiske procesregulering. De anførte eksempler giver et indtryk af de typer af opgaver, vi har arbejdet med på Regnecentralen indenfor dette område.

Som det er fremgået ved behandlingen af de mere generelle problemer, er det imidlertid i høj grad muligt at overføre erfaringer indvundet ved udvikling og produktion af traditionelle databehandlingsanlæg og programmerings-systemer. På denne baggrund er det forfatterens håb, at de fremførte bemærkninger og synspunkter må kunne bidrage til at fremme samarbejdet mellem datamaskineleverandør og bruger, også på procesreguleringsområdet.

De beskrevne projekter til kunstgødningsfabrikkerne i Pulawy og Wloclawek i Polen er gennemført i samarbejde med ingeniørfirmaet Haldor Topsøe, Vedbæk.

Da forfatteren af natur er tekniker, er de refererede overvejelser om programmeringsproblemer ikke baseret på egne erfaringer, men må helt tilskrives civilingeniør P. Brinch Hansens venlige medvirken og støtte under udarbejdelsen af manuskriptet.

### Litteraturhenvisninger:

1. Per Brinch Hansen: The logical structure of the RC 4000 Computer, BIT bind 7, hefte nr. 3. 1967.
2. Per Brinch Hansen: The RC 4000 Real-Time Control System at Pulawy, BIT bind 7, hefte nr. 4. 1967.
3. H. Isaksson: Hardware Development and Realization of the RC 4000 Computer, NordSAM 67, Oslo, June 1967.